

2. Кречетов, И. В. Сушка древесины [Текст] / И. В. Кречетов / М.: Лесная промышленность, 1977.
3. Гороховский, А. Г. Качество сушки пиломатериалов [Текст] / А. Г. Гороховский, Е. Е. Шишкина / Екатеринбург: УГЛТУ, 2008.
4. Кротов, Л. Н. Рациональная структура режимов сушки пиломатериалов [Текст] / Л. Н. Кротов / Деревообрабатывающая промышленность, 1987. № 12. С. 14 – 15.
5. Кирьянов, Д.В. Mathcad – 12 [Текст] / Д.В. Кирьянов. СПб.: БХВ – Петербург, 2005.
6. Шубин, Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины [Текст] / Г.С Шубин. М.: Лесн. пром-сть, 1990.
7. Гороховский, А.Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине [Текст]: автореф. ... д-ра техн. наук / Гороховский Александр Григорьевич. СПб, 2008.
8. Пижурин, А. А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки [Текст] / А. А. Пижурин, М. С. Розенбит / М.: Лесная промышленность, 1988.

Денисов С.В., Русаков Д.С. (БрГУ, г. Братск, РФ) tdo@brstu.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ
ACETYLATED GLUTEN COMPOSITIONS ADHESIVE
PROPERTIES RESEARCH**

Молекулярно-адсорбционная теория рассматривает адгезию как поверхностный процесс. В результате сил притяжения между поверхностными атомами и молекулами образуется прочная связь соединяемых веществ. Согласно этой теории, чем больше площадь контакта адгезива (клеящего вещества) и субстрата (подложки), тем выше прочность клеевого соединения - при условии смачивания им древесины. Известно, что древесину хорошо смачивают только те жидкости, у которых поверхностное натяжение меньше, чем у самой древесины.

Смачивание - важный момент для качественного склеивания, способствующий увеличению площади контакта взаимодействующих клеящего вещества и подложки в результате адсорбции. При склеивании древесины традиционными для деревообработки клеями наблюдается как физическая, так и химическая адсорбция.

Одно из условий получения качественного шпона – высокая влажность фанерного сырья, но изготовленный на лущильных станках шпон сразу должен быть подвергнут сушке для предотвращения биологического заражения древесины. Необходимость сушки шпона диктуется также самой технологией изготовления фанеры и предъявляемых к ней качественными характеристиками.

Влажность шпона, равно как и древесины, обусловлена наличием связанной влаги в стенках древесных клеток и свободной влаги в их полостях. Состояние древесины, при котором в ней содержится максимальное количество связанной влаги и не содержится свободной, называется точкой насыщения волокна. Для различных пород древесины это состояние отвечает практически одинаковой влажности, равной 30 %.

Начальная влажность шпона перед сушкой обычно значительно выше 30 % и колеблется в широких пределах. Она зависит от породы древесины, времени и способа заготовки сырья, его хранения, условий подготовки сырья к лущению и параметров режима лущения.

В условиях таких колебаний начальной влажности требуемая конечная влажность шпона может быть достигнута непрерывным регулированием режима сушки или разделением шпона на партии, в пределах которых влажность колебалась бы незначительно.

Ранее в работах [1,2] была исследована и доказана возможность склеивания хвойной фанеры модифицированной фенолоформальдегидной смолой (ФФС), где в качестве модифицирующей добавки выступал, промежуточный продукт лесохимического производства Братского ЛПК, - “пектол”.

Целью настоящей работы на первом этапе являлось исследование распределения влажности, шероховатости шпона и процентного содержания “пектола” в ФФС на смачивающую способность последней. На втором этапе - предполагалось установить количественную взаимосвязь между содержанием “пектола” в смоле и теоретической работой адгезии, характеризующей адгезионное взаимодействие подложки с адгезивом.

Учитывая, что адгезия в значительной степени зависит от смачивающей способности смолы, которая в свою очередь зависит от параметров древесины и смолы, в качестве переменных факторов при проведении исследований смачивающей способности смолы были приняты: влажность шпона (W), шероховатость шпона (R_z), количество пектола вводимого в смолу (%).

В процессе эксперимента изменялись влажность, шероховатость и процентное содержание “пектола”, в последующем следили за изменением смачивающей способности смолы. Критерием смачивающей способности служила величина краевого угла смачивания.

Для оценки влияния технологических факторов на смачивающую способность модифицированной ФФС, был проведен эксперимент с использованием композиционного плана второго порядка – В – плана [3].

Входные параметры:

- 1) Влажность шпона (W , %);
- 2) Шероховатость шпона (R_{Zmax} , мкм);
- 3) Содержание пектола в смоле (%).

Выходные параметры: 1) Краевой угол смачивания (θ , рад).

Постоянные факторы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование фактора	Единица измерения	Значение
Порода	-	Сосна
Температура окружающей среды	$^{\circ}\text{C}$	20
Температура смолы	$^{\circ}\text{C}$	20
Марка смолы	-	СФЖ-3013

Исследуемые переменные (технологические факторы) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование фактора	Единица измерения	Код обозначения	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
				X _{min}	X _{ср}	X _{max}
Влажность шпона	%	X ₁	4	2	6	10
Шероховатость шпона	мкм	X ₂	50	200	250	300
Содержание “пектола” в ФФС	%	X ₃	5	5	10	15

Выходные параметры (показатели качества) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование	Единица измерения	Код обозначения	Методы и средства контроля
Краевой угол смачивания	рад	Y ₁	Микроскоп

В таблице 4 приведена соответствующая матрица планирования в нормализованных обозначениях.

Таблица 4

Номер опыта	X1	X2	X3	Y	S
1	-1	-1	-1	Y1	S1
2	+1	-1	-1	Y2	S2
3	-1	+1	-1	Y3	S3
4	+1	+1	-1	Y4	S4
5	-1	-1	+1	Y5	S5
6	+1	-1	+1	Y6	S6
7	-1	+1	+1	Y7	S7
8	+1	+1	+1	Y8	S8
9	-1	0	0	Y9	S9
10	+1	0	0	Y10	S10
11	0	-1	0	Y11	S11
12	0	+1	0	Y12	S12
13	0	0	-1	Y13	S13
14	0	0	+1	Y14	S14

Обработка результата эксперимента проводилась вручную, при этом уравнения регрессии строились для натуральных значений.

Поскольку статистика как метод исследования имеет дело с данными, достаточно ограниченными по объему и в которых интересующие исследователя закономерности искажены различными случайными факторами, то большинство статистических

вычислений сопровождается проверкой некоторых предположений или гипотез о источнике этих данных.

Построим модель второго порядка для трех варьируемых факторов:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

При обработке данных применялся экспериментальный метод получения математических уравнений. Этот метод справедлив лишь в узком диапазоне входных факторов, только в пределах их измерения при проведении эксперимента.

Подставив значимые коэффициенты, уравнение регрессии примет вид:

$$Y^{\text{изг}} = 73,085 - 1,009x_3 - 2,95x_2^2 + 0,3375x_2x_3$$

$$Y^{\text{скал}} = 2,205 - 0,019x_1 + 0,039x_2$$

Вычисленное по уравнению регрессии значение выходной величины Y почти всегда отличается от измеренного в опытах.

Расчетный критерий Фишера равен:

$$F_{\text{расч.}}^{\text{изг}} = 1,81; F_{\text{расч.}}^{\text{скал.}} = 1,41$$

$$F_{\text{табл.}}^{\text{изг}} = 1,99; F_{\text{табл.}}^{\text{скал.}} = 2,04$$

Полученное соотношение $F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$ позволяет принять гипотезу об адекватности регрессионной модели.

Таким образом, полученная модель считается адекватной и может быть использована для описания объекта исследований. На основании результатов полученных в ходе исследований были построены зависимости краевого угла смачивания от различных технологических параметров производства фанеры (рис. 1 - 5).

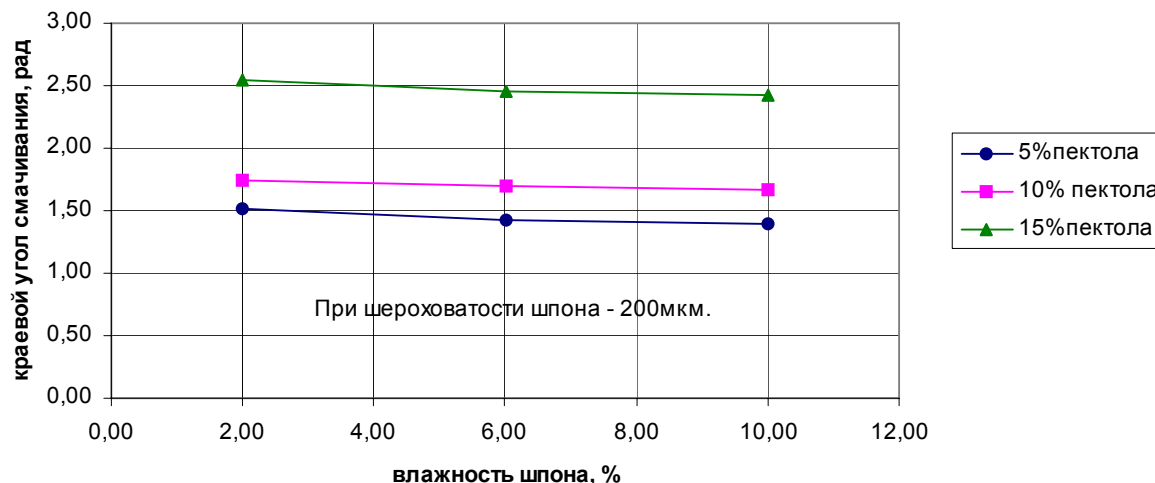


Рисунок 1 – Зависимость краевого угла смачивания от влажности шпона

Анализируя полученные кривые на графике (рис. 1) можно сделать вывод, что с увеличением влажности шпона, в исследуемом диапазоне (2% - 10%) происходит уменьшение краевого угла смачивания, что свидетельствует об улучшении смачивающей способности модифицированной смолы.

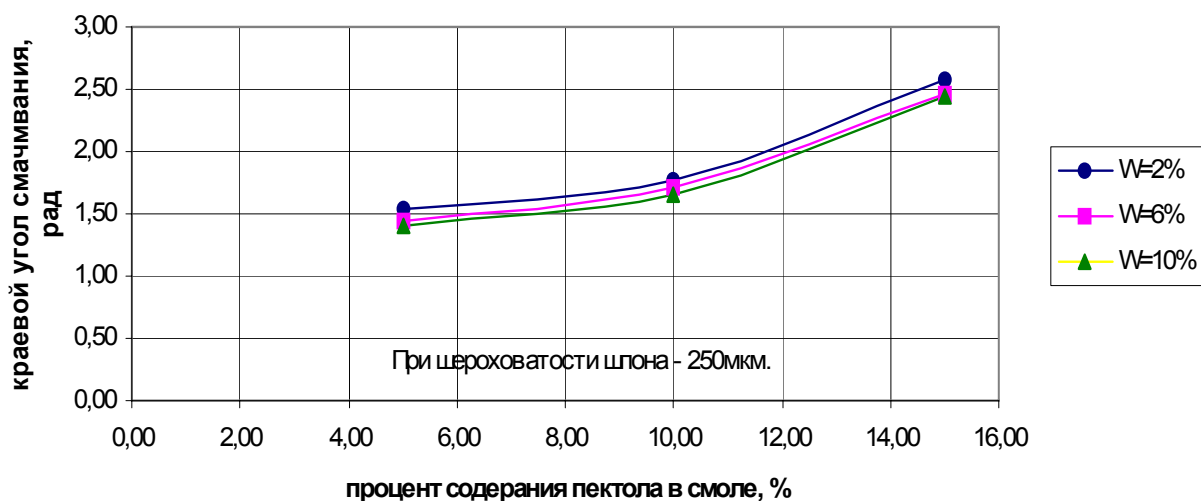


Рисунок 2 – Зависимость краевого угла смачивания от процентного содержания пектола в смоле

Анализируя полученные кривые на графике (рис. 2) можно сделать вывод, что с увеличением количества вводимого модификатора краевой угол смачивания увеличивается.

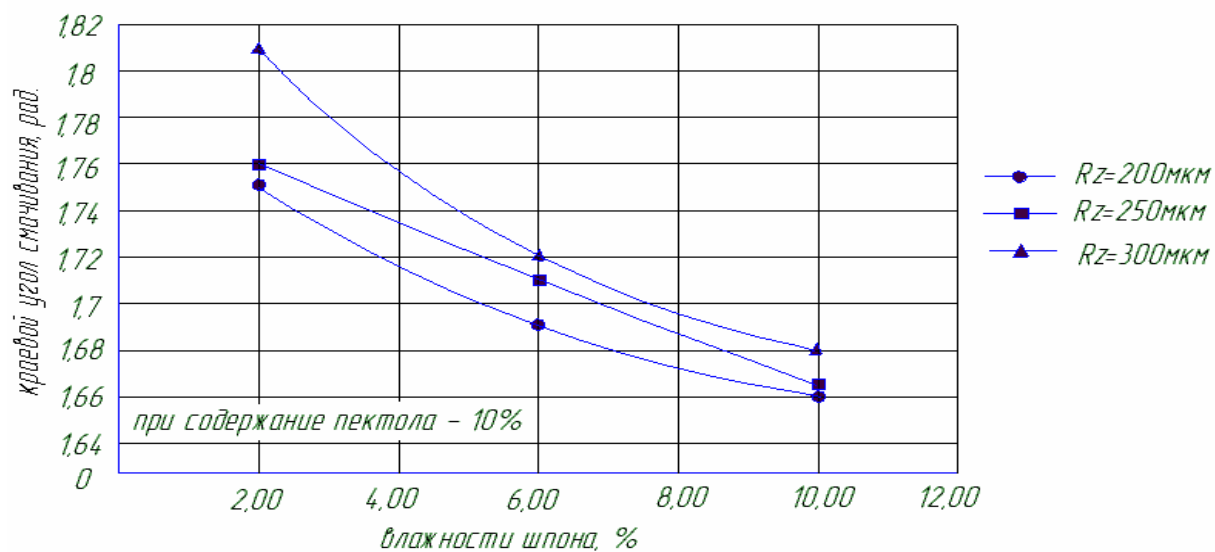


Рисунок 3 – Зависимость краевого угла смачивания от влажности шпона

Анализируя полученные кривые на графике (рис. 3) можно сделать вывод, что краевой угол смачивания уменьшается с увеличением влажности шпона и эта закономерность сохраняется для шпона различной шероховатости (от 200 до 300 мкм).

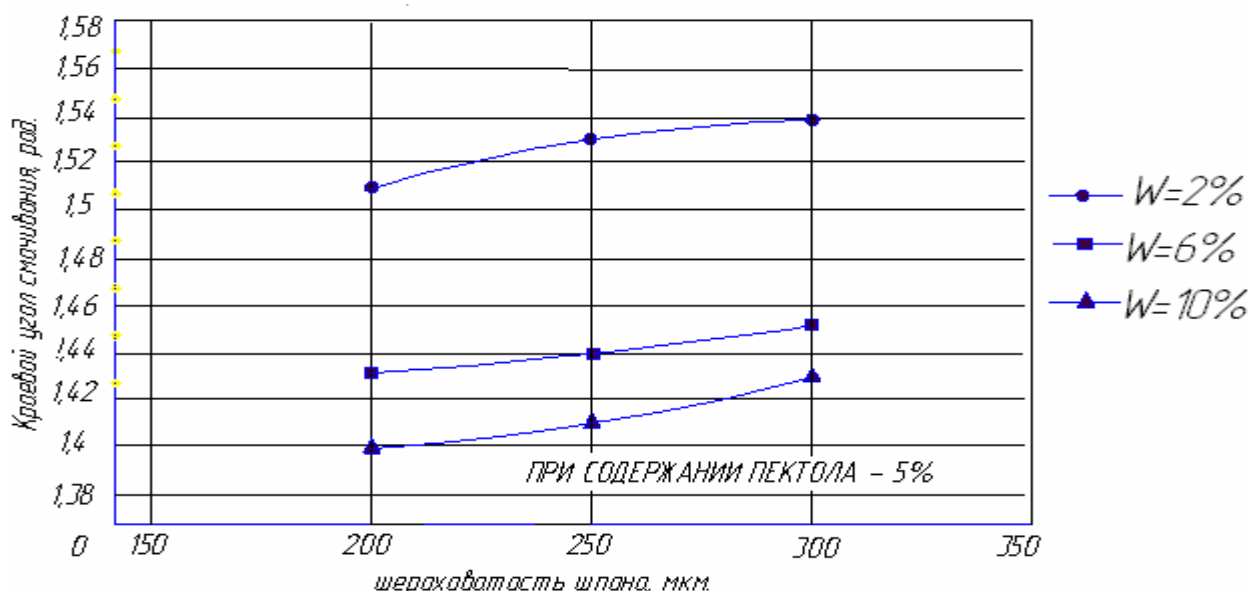


Рисунок 4 – Зависимость краевого угла смачивания от шероховатости шпона

Анализируя полученные кривые на графике (рис. 4) можно сделать вывод, что с увеличением шероховатости краевой угол смачивания увеличивается, то есть смачивающая способность смолы уменьшается.

Поверхностное натяжение жидкого клея также оказывает большое влияние на способность розлива его на поверхности. Поверхностное натяжение – это сила, действующая по касательной к поверхности жидкости и стремящаяся сократить поверхность жидкости до минимальных размеров – сферы (капли). Оно определяется коэффициентом, равным силе, действующей на единицу длины линии, являющейся границей поверхности жидкости. Поверхностное натяжение смолы определяли по методике описанной[4].

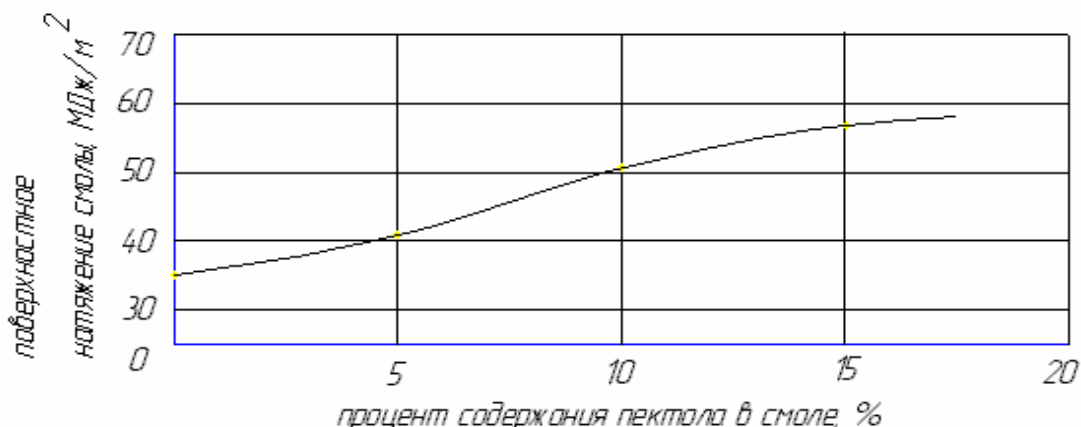


Рисунок 5 – Зависимость поверхностного натяжения от процента содержания пектола в смоле

Анализируя полученную кривую на графике (рис. 5) можно сделать вывод, с увеличением процентного содержания “пектола” в смоле происходит значительный рост поверхностных натяжений, что в свою очередь объясняется увеличением сил, удерживающих клеевую пленку в напряженном состоянии.

Важнейшее свойство клеевых материалов – это адгезия. От величины и стабильности адгезии существенно зависят многие свойства клеевого соединения, в том числе

долговечность и защитная способность в различных условиях эксплуатации. Адгезия – явление, в процессе которого устанавливаются связи между смолой и подложкой. Существует много различных теорий адгезии (диффузионная, молекулярная, адсорбционная, механическая, электрическая, микрореологическая и др.).

Наличие разновидностей теорий свидетельствует о сложности этого явления, его многогранности. Разные теоретические представления об адгезии не являются взаимоисключающими, а свидетельствуют о том, что при контактировании адгезива и субстрата могут осуществляться различные адгезионные связи, либо их совокупность.

Об адгезии обычно судят по адгезионной прочности, т.е. по работе, которую требуется затратить на разрушение адгезионных связей. Краевой угол смачивания определяли по методике описанной в [5].

Работу адгезии определяется по формуле:

$$W_a = \sigma_{жг} * (1 + \cos \theta) \quad (2)$$

Результаты расчетов работы адгезии представлены в таблице 5.

Таблица 5

Влажность шпона, %	Содержание пектола, %	Шероховатость шпона, мкм	Краевой угол смачивания, рад.	$1 + \cos \theta$	Поверхностное натяжение, $\sigma_{жг}$, мДж/м ²	Работа адгезии, мДж/м ²
1	2	3	4	5	6	7
2	5	200	1,51	1,06	40,3	42,76
		250	1,53	1,04		41,95
		300	1,54	1,03		41,55
	10	200	1,75	0,82	50,7	41,68
		250	1,76	0,81		41,17
		300	1,81	0,76		38,68
	15	200	2,55	0,17	56,67	9,63
		250	2,58	0,19		10,99
		300	2,6	0,14		8,10
6	5	200	1,43	1,14	40,3	45,94
		250	1,44	1,13		45,54
		300	1,45	1,12		45,14
	10	200	1,69	0,88	50,7	44,62
		250	1,71	0,86		43,65
		300	1,72	0,85		43,14
	15	200	2,45	0,23	56,67	13,03
		250	2,46	0,22		12,64
		300	2,46	0,22		12,41
10	5	200	1,4	1,17	40,3	47,15
		250	1,41	1,16		46,75
		300	1,43	1,14		45,94
	10	200	1,66	0,91	50,7	46,14
		250	1,66	0,91		46,03
		300	1,68	0,89		45,17
	15	200	2,43	0,24	56,67	13,77
		250	2,44	0,24		13,37
		300	2,45	0,23		13,03

Как следует из формулы 2, увеличение поверхностного натяжения и уменьшение краевого угла смачивания способствует увеличению работы адгезии. Установлено, что с повышением вязкости смол увеличивается их поверхностное натяжение, а с повышением влажности шпона улучшается смачивание, характеризующееся уменьшением краевого угла смачивания.

На основании полученных данных можно сделать общие выводы по работе. Образование молекулярного межфазного контакта на стадии формирования клеевого соединения считается основной предпосылкой для реализации адгезионного взаимодействия. Чаще всего процесс образования адгезионного контакта жидкий клей–древесина рассматривается с позиций термодинамики поверхностных явлений. Термодинамическая концепция смачивания в ее строгом виде имеет ограниченные возможности при описании процесса адгезионного взаимодействия такой сложной системы как клей–древесина. Значение краевого угла смачивания поверхности древесины клеем не может служить показателем адгезионной прочности будущего клеевого соединения. Смачивание только создает необходимые условия для адгезии, являясь необходимым, но еще недостаточным условием формирования адгезионного контакта жидкий клей–древесина. Кроме того, при оценке механизма формирования адгезионного контакта следует учитывать физические, физико–химические и реологические свойства клея и древесины.

Теоретически обоснованно влияние основных физических и физико-химических свойств модифицированной водорастворимой ФФС и древесины, а также основных технологических факторов на процесс формирования адгезионного контакта жидкий клей–древесина. Результаты исследований закладывают основы для совершенствований режимов синтеза смол, разработки новых рецептур клеев и связующих, оптимизации режимов холодной подпрессовки фанеры.

Библиографический список

1. Денисов С.В., Русаков Д.С. Исследование возможности склеивания хвойной фанеры на основе модифицированных отходами лесохимического производства фенолоформальдегидных смол // Естественные и инженерные науки – развитию регионов: Материалы межрегиональной научно-технической конференции. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», - 2004. – С. 186-187.
2. Денисов С.В., Русаков Д.С. Эффективная технология склеивания хвойной фанеры модифицированными клеями // Труды Братского государственного технического университета. – Том 2. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», - 2004. – С. 192-195.
3. Пижурин А.А., Розенблит М.Е. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 231 с.
4. Онегин В.И. Формирование лакокрасочных покрытий древесины. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1983. – 147с.
5. Трошкин С.Н., Симилова А.А. Технология защитно-декоративных покрытий: учебное пособие – Братск: БРИИ, 2003.- 68с.